

ANALISIS SENSITIVITAS PERMODELAN GR4J TERHADAP PENGALIHRAHAMAN DATA HUJAN MENJADI DEBIT PADA DAS INDRAGIRI (STUDI KASUS AWLR LUBUK AMBACANG)

Fauzi Febriansyah¹⁾, Manyuk Fauzi²⁾, Imam Suprayogi²⁾

¹⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

²⁾Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Kampus Bina Widya Jln. HR Soebrantas KM 12.5 Pekanbaru, Kode Pos 28293

Email: vawzyfebriansyah0@gmail.com

Abstract

The aim of study research is to analyze performance of GR4J (Ge'nies Rural a 4parametres Journalier) on Indragiri's Basin. GR4J is one of conceptual model for rainfall-runoff prediction. The method of study research are running using default value and variation of length data for calibration and verification. There are 9 scheme in variation of length data. Input data for this model are daily data of rainfall at the Tanjung Pati station and Sijunjung Station, daily data of evapotranspiration potential which is the result of Cropwat program with input climatology data at Sentajo Station and daily data of discharge observation at Lubuk Ambacang Station for test modeling result. The result show that GR4J performance is better than GR3J performance with $X1 = 1185,20 \text{ mm}$, $X2 = -1,0 \text{ mm}$, $X3 = 217,11 \text{ mm}$, and $X4 = 1,1 \text{ day}$. Such thing reviewed by assessing the Nash-sutcliffe (R^2) and Coefficients Correlation(R) that have better performance. R^2 and R parameters in GR4J are 63,44% and 0,61.

Keywords: GR4J, calibration, verification, GR3J

A. PENDAHULUAN

Hal terpenting dari suatu DAS adalah bagaimana DAS tersebut bisa menyediakan sejumlah kebutuhan air guna manfaat tertentu yang dapat menjamin kelangsungan hidup biota yang ada dalam cangkupannya. Ketersediaan air suatu DAS mencerminkan proses pergerakan air dari vegetasi, tanah dan sungai yang berlangsung secara tetap. Pergerakan air ini dapat dideteksi dan didekati dengan beberapa persamaan matematika. Persamaan tersebut mencerminkan proses pengalihragaman dari hujan menjadi aliran yang dapat ditiru dan disederhanakan serta diwujudkan dalam bentuk model, yang disebut dengan model hujan-aliran (Wibowo, 2013).

Pada penelitian yang akan dilaksanakan akan diterapkan metode permodelan GR4J. Permodelan GR4J (*Genie Rural a 4 parametres Journalier*) ini merupakan pengembangan dari model sebelumnya yaitu GR3J (*Genie Rural a 3 parametres Journalier*). GR4J adalah permodelan *rainfall-runoff* diukur berdasarkan parameter-parameter bebas yang diperoleh dari data curah hujan harian yang pertama kali dikenalkan oleh Edijatno dan Mitchel (1989) kemudian disempurnakan oleh Nascimento (1995) dan Edijatno (1999). Kedua model ini berusaha menyederhanakan dari konsep - konsep sebelumnya, debit yang masuk ke *reservoir* diharapkan dapat mewakili karakteristik DAS.

Permodelan GR4J sudah pernah diterapkan di beberapa negara Asia, Eropa,

dan Amerika dengan hasil yang cukup memuaskan. *GR4J* adalah model sederhana karena hanya terfokus pada empat parameter *rainfall-runoff*, model ini disimulasikan menggunakan data curah hujan harian. Dengan kesederhanaan yang dimiliki oleh model ini, maka sangat cocok untuk aplikasi dalam permasalahan yang bersifat operasional. Bertitik tolak dari keberhasilan yang ditunjukkan dari performa *GR4J* yang dilakukan di DAS Citarum hulu dan kesederhanaan program untuk diaplikasikan, oleh sebab itu dalam penelitian ini akan dibuat model pengalihragaman hujan-debit dengan pemodelan *GR4J* pada DAS Indragiri untuk stasiun *Automatic Water Level Recorder* (AWLR) Lubuk Ambacang.

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan sebelumnya, maka dirumuskan permasalahan pada penelitian ini adalah untuk mengetahui sejauh mana sensitivitas model *GR4J* jika diaplikasikan pada DAS di daerah Riau yaitu pada daerah aliran sungai Indragiri untuk stasiun AWLR Lubuk Ambacang.

Selain mengetahui sensitivitas model *GR4J*, pada penelitian ini juga akan membandingkan efektifitas penggunaa pemodelan *GR4J* ini dengan pemodelan yang sudah pernah dilakukan sebelumnya, yaitu pemodelan *GR3J* (Khairiah, 2014).

1. GR4J

Pemodelan hujan-debit (*rainfall-runoff modelling*) memiliki sejarah yang panjang dan merupakan usaha pertama dari ahli hidrologi untuk meramalkan aliran (*flows*) yang diharapkan terjadi dari suatu kejadian hujan. Telah banyak dilakukan pengembangan-pengembangan pengalih ragaman hujan menjadi debit, seperti yang telah dilakukan oleh ahli hidrologi terdahulu, *rainfall-runoff* yang sudah dikembangkan diantaranya: *Tank model* (Sugawara, 1995), *IHACRES* (Ye, 1997), *HBV* (Lindstrom, 1997), *SMAR* (Tan dan O'Connor, 1996), *TOPMODEL* (Beven, 1986), *Xinanjiang* (Jayawardena dan Zhou, 2000) dan lain-lain.

Pemodelan *Génie Rural* menggunakan prinsip model tangki (*tank model*). Dasar pemikiran model tangki adalah meniru (*simulate*) sistem daerah aliran sungai dengan menggantinya oleh sejumlah tampungan yang digambarkan sebagai sederet tangki. Model tangki dikembangkan oleh Sugawara (1977). Model hidrologi yang dikembangkan oleh Perrin *et al.* (2003) yang berbasis pada empat parameter *rainfall-runoff* adalah model *Genie Rural a 4 parametres Journalier* (*GR4J*). Model *Génie Rural* diawali dari konsep model hujan-debit *Génie Rural à 2 Parametres*, *GR2V1* hingga *GR2V6* (Edijatno, 1989). *Génie Rural à 2 Parametres* berkembang menjadi *GR3J*. *GR4J* merupakan versi modifikasi terbaru. Secara berurutan yang bekerja pada model ini dimulai oleh Edijatno & Michel (1989), Nascimento (1995) dan Edijatno *et. al.* (1999) dan Perrin (2000).

Model *GR4J* (*Genie Rural a 4 parametres Journalier*) diukur berdasarkan 4 parameter bebas yang diperoleh dari data curah hujan harian. Model *GR4J* dikembangkan dari model sebelumnya yaitu *GR3J* (*Genie Rural a 3 parametres Journalier*) yang dikembangkan dari metode aslinya yang ditemukan oleh Edijatno dan Michel (1989) kemudian disempurnakan oleh Nascimento (1995) dan Edijatno (1999). Model *GR4J* mengoptimasi empat parameter bebas yaitu: *X1*: Kapasitas maksimum dari *production store* (mm)
X2 : Koefisien perubahan *groundwater* (mm)
X3 : Kapasitas maksimum *routing store* (mm)
X4 : Waktu saat debit puncak unit hidrograf *UHI* (hari)

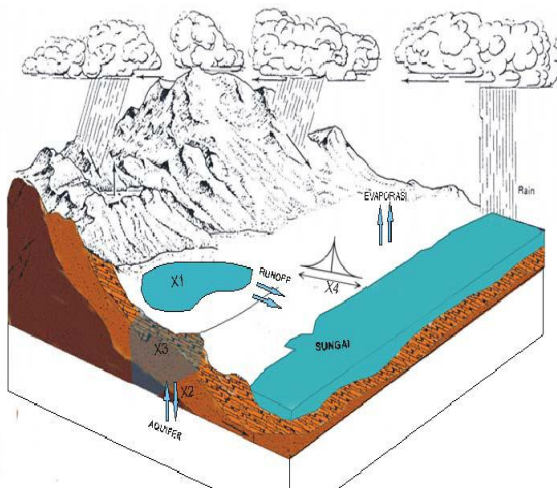
Production Store (*X1*) adalah tampungan dipermukaan tanah yang bisa menampung air dari hujan yang terjadi. Tampungan ini mengalami proses evapotranspirasi dan perkolasi. Besarnya tampungan ini sangat dipengaruhi oleh jenis tanah yang ada pada suatu DAS, semakin

kecil porositas tanah maka semakin besar *production store* yang ada.

Koefisien Perubahan *Groundwater* (X2) adalah fungsi dari perubahan air tanah yang mempengaruhi besarnya *routing store*. Ketika memiliki nilai negatif maka air masuk ke *aquifer* dalam dan ketika memiliki nilai positif maka air dari *aquifer* keluar dan masuk ke tampungan (*routing storage*).

Routing storage (X3) adalah kapasitas air yang bias ditampung dalam pori-pori tanah. Besarnya nilai *routing store* ini tergantung dari jenis dan kelembaban tanah.

Time Peak (X4) adalah waktu saat puncak ordinat unit hidrograf banjir yang dihasilkan pada pemodelan *GR4J*. Ordinat unit hidrograf ini dihasilkan dari *runoff* yang terjadi, dimana 90% aliran merupakan aliran lambat yang masuk ke dalam tanah dan 10% aliran merupakan aliran cepat yang mengalir di permukaan tanah. Berikut adalah gambaran fisik dari pemodelan *GR4J* dari mulai proses turunnya hujan sampai dengan debit yang terkumpul di sungai.



Gambar 1. Gambaran fisik model *rainfall-runoff* GR4J.

Sumber : Jurnal Dhemi Harlan (2009)

Menurut Hydrologie Et Modelisation Plur-Debit tahun 2012, mengatakan bahwa parameter – parameter yang tersedia pada model *GR4J* telah memiliki batas tertentu sehingga dalam melakukan *trial and error* tidak mencari angka secara acak, batasan –

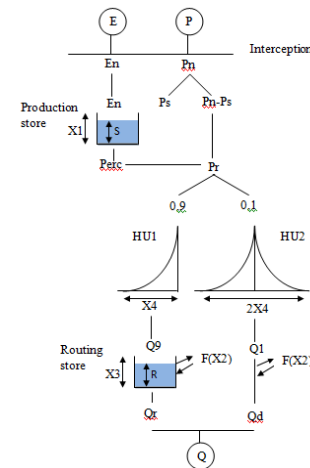
batasan inilah yang menjadi landasan atau acuan dalam melakukan *trial and error* dalam penelitian ini. Batasan – batasan dari parameter X1 sampai dengan X4 dapat dilihat dalam tabel pada Tabel 2.4

Tabel 1 *Range* Parameter Model GR4J

Parameter Model	Range Parameter Model
X1 (mm)	100-1200
X2 (-)	-5 - 3
X3 (mm)	20 - 300
X4 (hari)	1,1 – 2,9

Sumber : Kheira (2012)

Berikut adalah diagram model *GR4J*.



Gambar 2. Diagram model *rainfall-runoff* GR4J (Perrin, 2003)

Sumber : Jurnal Dhemi Harlan (2009)

Gambar 2 merupakan diagram dari model *GR4J* yang memperlihatkan tahapan-tahapan pengerjaan model. Langkah pertama kita masukan data curah hujan harian (P) dan evapotranspirasi potensial (E). Kemudian definisikan P menjadi Net rainfall Pn dan E menjadi Net evapotranspirasi En. Berikut adalah persamaan untuk memperoleh Pn dan En.

Jika $P \geq E$ maka $P_n = P - E$ dan $E_n = 0$

Jika $P \leq E$ maka $E_n = E - P$ dan $P_n = 0$

Langkah selanjutnya adalah mencari nilai Ps dari Pn yaitu nilai Pn yang mengisi *production store*, dirumuskan sebagai berikut:

$$P_s = \frac{x_1 \left(1 - \left(\frac{s}{x_1}\right)^2\right) \tanh\left(\frac{P_n}{x_1}\right)}{1 + \frac{s}{x_1} \tanh\left(\frac{P_n}{x_1}\right)}$$

Kasus lain jika $P < E$ maka E_s dirumuskan sebagai berikut:

$$E_s = \frac{s(2 - \frac{s}{x_1}) \tanh(\frac{E_n}{x_1})}{1 + (1 - \frac{s}{x_1}) \tanh(\frac{E_n}{x_1})}$$

E_s merupakan evapotranspirasi yang masih bisa terjadi pada tampungan *production store*. Nilai dari E_s dipengaruhi oleh perbandingan dari volume kosong dari tampungan serta perbandingan dari evapotranspirasi netto dan tinggi tampungan. Dalam pemodelan ini *production store* S tidak pernah melebihi X_1 . sehingga *production store* dirumuskan sebagai berikut:

$$S = S - E_s + P_s \quad (\text{II.31})$$

Di dalam *production store*, perkolasi dirumuskan sebagai berikut:

$$Perc = S \left\{ 1 - \left[1 + \left(\frac{4}{9} \frac{S}{x_1} \right)^4 \right]^{-\frac{1}{4}} \right\}$$

$Perc$ dianggap selalu lebih rendah dari S . Sehingga nilai tampungan bias dirumuskan sebagai berikut:

$$S = S - Perc$$

Sebagian $P_n - P_s$ dari P_n dan sebagian perkolasi dari *production store* bergabung dan mencapai *routing store*

$$Pr = Perc + (P_n - P_s)$$

Jumlah air yang mencapai *routing store* dibagi menjadi aliran cepat dan aliran lambat. Aliran cepat di *routing* dengan unit hidrograf UH_1 dan aliran lambat dengan UH_2 . 90% dari Pr dirouting oleh unit hidrograf UH_1 dan sisanya di *routing* dengan UH_2 . Koefisien ini bukanlah angka yang tidak bisa dirubah, menurut penelitian yang telah dilakukan Edijatno pada 144 das yang terdapat di Prancis memperlihatkan kerja model yang optimal dengan koefisien tersebut. UH_1 didefinisikan berdasarkan waktu, t sebagai berikut:

untuk $t \leq 0$, $SH_1(t) = 0$

$$0 < t < X_4, SH_1(t) = \left(\frac{t}{X_4} \right)^{\frac{5}{2}}$$

untuk $t \geq X_4$, $SH_1(t) = 1$

Begitu juga untuk mendapatkan nilai SH_2 , SH_2 dapat dicari dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

untuk $t \leq 0$, $SH_2(t) = 0$

$$\text{Untuk } 0 < t < X_4, SH_2(t) = \frac{1}{2} \left(\frac{t}{X_4} \right)^{\frac{5}{2}}$$

$$\text{Untuk } 0 < t < 2X_4, SH_2(t) = 1 -$$

$$\frac{1}{2} \left(2 - \frac{t}{X_4} \right)^{\frac{5}{2}}$$

$$\text{Untuk } t \geq X_4, SH_2(t) = 1$$

UH_1 dan UH_2 dirumuskan sebagai berikut

$$UH_1 = SH_1j - SH_1j-1$$

$$UH_2 = SH_2j - SH_2j-1$$

Perubahan groundwater, F dirumuskan sebagai berikut:

$$F = X_2 \left(\frac{R}{X_2} \right)^{7/2}$$

Dimana R adalah ketinggian dari *routing store*, dengan catatan R tidak pernah melebihi X_3 , ketinggian *routing store* berubah seiring bertambahnya Q_9 dari UH_1 dan F , sehingga dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$Ro = \max(0; R + Q_9 + F) \quad (\text{II.45})$$

Debit Q_r dari tampungan dapat dihitung dengan persamaan:

$$Q_r = R \left\{ 1 - \left[1 + \left(\frac{R}{X_3} \right)^4 \right]^{-\frac{1}{4}} \right\}$$

Dimana Q_r selalu lebih rendah dari R . Ketinggian tampungan kemudian dapat dihitung dengan persamaan:

$$R = R - Q_r$$

Air yang berasal dari *routing* (penelusuran) disebut Q_d dan dihitung dengan persamaan:

$$Q_d = \max(0; Q_1 + F)$$

Debit total, Q bisa dihitung dengan persamaan :

$$Q = Q_r + Q_d$$

2. Evaluasi Ketelitian Model

Evaluasi model dilakukan dengan membandingkan antara data debit harian dari sungai dan debit yang diperoleh dari model. Untuk mengetahui penyimpangan yang terjadi, metode *Nash-Sutcliffe Coefficient* (R^2) digunakan untuk menghitung perbedaan jumlah kuadrat dari data observasi dengan data hasil pemodelan. Persamaan umum *Nash-Sutcliffe Coefficient* adalah sebagai berikut:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{Si} - Q_{Mi})^2}{\sum_{i=1}^n (Q_{Mi} - Q_m)^2} \times 100\%$$

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Motovilov *et al* (1999), R^2 memiliki beberapa kriteria seperti yang diperlihatkan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2 Kriteria Nilai Nash-Sutcliffe Efficiency (R^2)

Nilai R^2	Interpretasi
$R^2 > 75$	Baik
$36 < R^2 < 75$	Memenuhi
$R^2 < 36$	Tidak memenuhi

Sumber : Motovilov, *et al* (1999)

Selain kriteria performa model yang telah disebutkan sebelumnya yang dapat digunakan sebagai tolak ukur keberhasilan model adalah koefisien korelasi yang ditulis sebagai R, dengan bentuk persamaan :

$$R = \frac{\sum xy}{\sqrt{\sum x^2 y^2}}$$

Dimana

$$x = X - X_m$$

$$y = Y - Y_m$$

R memiliki *range* antara 0 sampai dengan 1. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Sugiyono (2003), R memiliki beberapa kriteria seperti yang diperlihatkan pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3 Kriteria Nilai Koefisien Korelasi (R)

Nilai Koefisien Korelasi (R)	Interpretasi
0 sampai dengan 0,19	Sangat Rendah
0,20 sampai dengan 0,39	Rendah
0,40 sampai dengan 0,59	Sedang
0,60 sampai dengan 0,79	Kuat
0,80 sampai dengan 1	Sangat Kuat

Sumber : Sugiyono (2003)

3. Konfigurasi Panjang Data

Konfigurasi panjang data merupakan persentase data yang akan digunakan dalam tahap kalibrasi dan verifikasi. Konfigurasi ini digunakan untuk memberikan gambaran konfigurasi yang memiliki hasil yang paling baik pada tahap kalibrasi dan verifikasi didasarkan pada evaluasi ketelitian model. Skema kalibrasi dan verifikasi yang merupakan berapa panjang data yang

digunakan untuk kalibrasi dan berapa panjang data yang digunakan untuk tahapan verifikasi. Pada penelitian ini, skema kalibrasi dan verifikasi yang dilakukan adalah sebagai berikut.

Tabel 4 Panjang data pada tahap kalibrasi dan verifikasi

No	Tahun									
	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04
1	√	*	*	*	*	*	*	*	*	*
2	√	√	*	*	*	*	*	*	*	*
3	√	√	√	*	*	*	*	*	*	*
4	√	√	√	√	*	*	*	*	*	*
5	√	√	√	√	√	*	*	*	*	*
6	√	√	√	√	√	√	*	*	*	*
7	√	√	√	√	√	√	√	*	*	*
8	√	√	√	√	√	√	√	√	*	*
9	√	√	√	√	√	√	√	√	√	*
	√	= Kalibrasi								
	*	= Verifikasi								

4. Analisis Sensitivitas

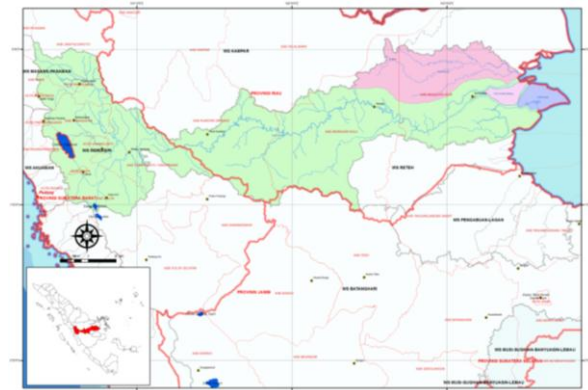
Pada tahapan analisis sensitifitas, nilai setiap parameter akan diuji untuk mengetahui dan memperlihatkan perilaku setiap parameter yang ada. Perilaku setiap parameter dapat dilihat berdasarkan perubahan nilai *Nash-Sutcliffe* dan nilai koefisien korelasi yang didapat berdasarkan perubahan setiap parameter. Perubahan setiap parameter tetap beracuan pada batasan nilai parameter yang telah ditetapkan sebelumnya

B. METODOLOGI PENELITIAN

1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada sub DAS Indragiri yaitu stasiun AWLR Lubuk Ambacang. Lokasi tersebut dipilih didasarkan pada ketersediaan data yang cukup memadai untuk dilakukan analisis model hujan aliran. Stasiun duga air Lubuk Ambacang secara administrasi terletak di Provinsi Riau, Kabupaten Kuantan Singingi, Kecamatan Hulu Kuantan dengan lokasi geografis 00° 36' 03" LS dan 101°

23' 22" BT. Stasiun ini memiliki memiliki luas daerah aliran sebesar 7467 km². Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 3 di bawah ini:



Gambar : 3 Peta Lokasi Penelitian

Sumber: Kementrian PU Republik Indonesia (2012)

2. Pengumpulan dan Pengolahan Data

Melakukan survei ke Badan Wilayah Sungai III guna mendapatkan data-data yang diperlukan dalam penelitian berupa data curah hujan harian, data klimatologi dan data debit daerah aliran sungai Lubuk Ambacang. Data yang ingin diperoleh adalah:

1. Data curah hujan harian stasiun hujan Tanjung Pati dan Sijunjung tahun 1995-2004.
2. Data klimatologi stasiun Sentajo tahun 2000-2004
3. Data debit harian dari AWLR stasiun Lubuk Ambacang tahun 1995-2004

Secara garis besar tahapan analisis yang dilakukan pada analisis ini adalah:

- a. Input data yang diperlukan adalah curah hujan harian, evapotranspirasi, dan *rainfall* yang diperoleh dari data debit sungai yang sudah memiliki persamaan liku kalibrasi (*rating curve*).
- b. Data evapotranspirasi didapat dengan cara mengolah data klimatologi menggunakan *Software CROPWAT 8.0* dengan menggunakan metode Penmann-Monteith.
- c. Melakukan input parameter X_1 , X_2 , X_3 , dan X_4 dengan cara coba-coba (*solver*) hingga nilai *Nash-Sutcliffe* mendekati angka 100 atau mencapai nilai maksimal yang mungkin didapat dari

running program tersebut. Nilai *Nash-Sutcliffe* merupakan nilai koefisien kebenaran dari persamaan yang mengandung nilai data simulasi model dan nilai hasil observasi.

- d. Melakukan analisa sensitifitas pada setiap parameter. Analisa sensitifitas dilakukan untuk mendapatkan *range* dari parameter-parameter yang telah didapat dengan cara coba-coba.
- e. Melakukan kalibrasi dan verifikasi (konfigurasi panjang tahun)
- f. Menentukan nilai dari setiap parameter dan konfigurasi panjang tahun yang menampilkan performa yang paling handal.
- g. Membandingkan hasil performa GR4J dengan hasil dari permodelan GR3J yang dilakukan oleh Khairiah (2014)
- h. Memberikan kesimpulan dan saran.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Program GR4J

Permodelan GR4J ini dilakukan dengan menggunakan aplikasi Microsoft Excell 2010. Penentuan nilai setiap parameter dengan menggunakan bantuan *Solver* untuk mendapatkan nilai parameter yang optimum dengan nilai *Nash* yang maksimum. Hasil dari solver untuk parameter X_1 sampai parameter X_4 dapat dilihat dalam tabel pada Tabel 5.

Tabel 5 Koefisien Parameter

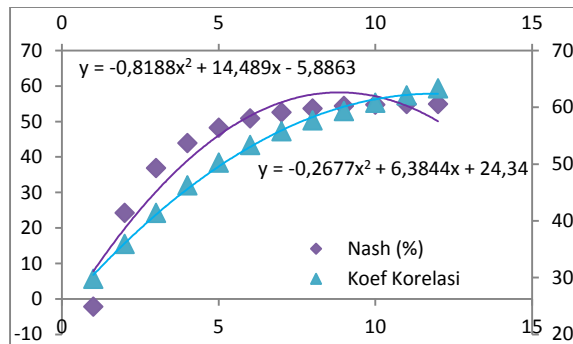
Parameter	Nilai	Uji Ketelitian	
		R ²	R
X1	1185,17 mm	55,0%	0,632
X2	-1,00 mm		
X3	217,12 mm		
X4	1,1 hari		

Dari hasil perhitungan, didapatkan nilai setiap parameter yang memenuhi *range* yang telah ditentukan pada tabel 2 dan tabel 3.

2. Analisis Sensitivitas

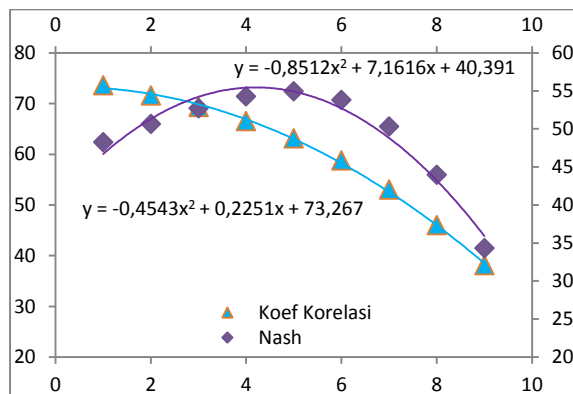
Setelah mendapatkan nilai keempat parameter GR4J, maka dilakukan analisis sensitifitas untuk masing-masing parameter. Analisis sensitifitas ini bertujuan untuk

memperlihatkan perilaku setiap parameter yang ada. Perilaku setiap parameter dapat dilihat berdasarkan perubahan nilai *Nash-Sutcliffe* dan nilai koefisien korelasi yang didapat berdasarkan perubahan setiap parameter. Perubahan setiap parameter tetap beracuan pada batasan nilai parameter yang telah ditetapkan sebelumnya. Analisis setiap parameter dapat dilihat pada grafik berikut



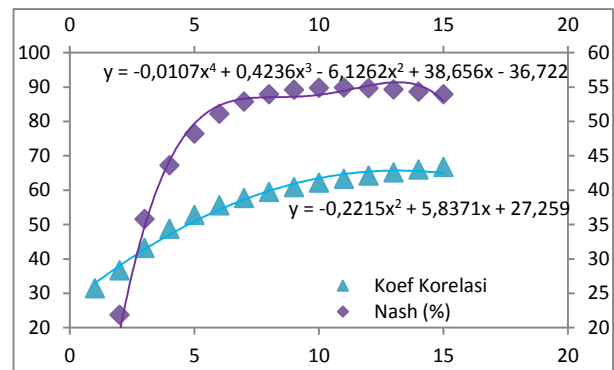
Gambar 4. Analisis Sensitivitas Parameter X1

Gambar 4. menunjukkan kapasitas tampungan permukaan tanah yang besar. Hasil ini memperlihatkan bahwa jenis tanah pada daerah studi kasus memiliki porositas yang rendah. Sehingga menyebabkan air hujan tertampung pada permukaan.



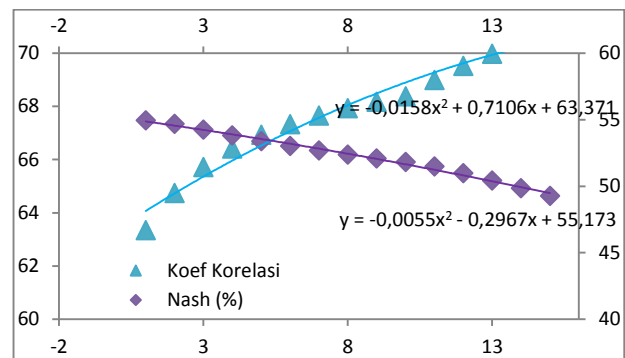
Gambar 5 . Analisis Sensitivitas Parameter X2

Gambar 5. menunjukkan bahwa air yang berada pada *routing storage* atau air yang tertampung pada pori-pori tanah cenderung keluar dari tampungan dan menuju ke akuifer.



Gambar 6. Analisis Sensitivitas parameter X3

Gambar 6. menunjukkan kapasitas tampungan pori-pori tanah yang cukup besar. Dari gambar dapat disimpulkan bahwa tanah pada daerah Lubuk Ambacang memiliki kelembaban yang tinggi.



Gambar 7. Analisis Sensitivitas Parameter X4

Parameter X4 adalah parameter yang menunjukkan waktu puncak dari unit hidograf dari debit banjir yang terjadi yaitu 10% *run-off*. Waktu puncak ini adalah waktu ketika debit paling tinggi terjadi.

Dari semua gambaran setiap parameter, dapat dilihat bahwa parameter X2 merupakan parameter yang paling sensitif. Dalam artian, sedikit saja perubahan yang dilakukan pada parameter X2 akan menyebabkan terjadinya perubahan nilai *Nash* yang cukup signifikan. Pada grafik terlihat nilai *Nash* yang berbeda cukup jauh untuk setiap *range* parameter X2.

3. Kalibrasi dan Verifikasi

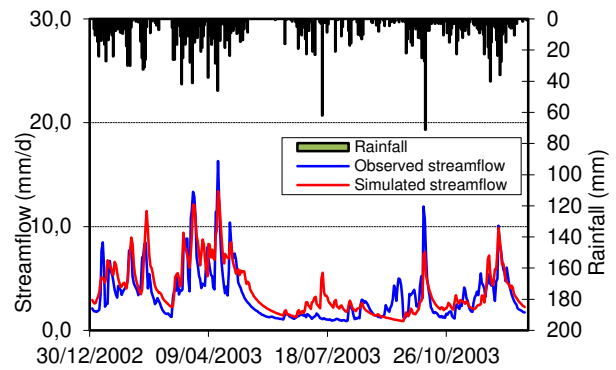
Setelah melakukan kalibrasi dan verifikasi dari skema yang telah ditentukan, hasil dari perhitungan kalibrasi dan verifikasi skema tersebut dapat dilihat pada Tabel 6 berikut

Tabel 6 Nilai Nash dan Koefisien Kalibrasi Semua Skema

No	Kalibrasi (tahun)	Verifikasi (tahun)	Nilai Nash		Koef Korelasi
			Kalibrasi	Verifikasi	
1	1	9	43.57	54.96	0.63
2	2	8	47.58	54.67	0.63
3	3	7	50.89	53.39	0.63
4	4	6	51.92	53.04	0.63
5	5	5	52.45	53.08	0.62
6	6	4	53.99	51.91	0.62
7	7	3	55.07	51.95	0.60
8	8	2	50.75	63.44	0.61
9	9	1	52.76	59.21	0.64

Dapat dilihat dari Tabel 6 bahwa nilai R^2 tertinggi pada tahap kalibrasi terletak pada skema 7 tahun kalibrasi dengan 3 tahun verifikasi. Pada tahap verifikasi, nilai R^2 tertinggi terletak pada verifikasi 2 tahun dengan kalibrasi 8 tahun, sementara nilai R tertinggi terletak pada verifikasi 1 tahun dengan kalibrasi 9 tahun.

Hasil kalibrasi dari model GR4J yang memiliki nilai R^2 tertinggi yaitu pada skema 8 dapat dilihat pada grafik hidograf pada Gambar 8 dan hasil verifikasi yang memiliki nilai R^2 dan R tertinggi pada skema 8 dapat dilihat pada grafik hidograf pada Gambar 8. Pada Gambar 8 terdapat grafik dengan garis biru yang merupakan garis untuk menandakan debit observasi yang diambil dari data debit pada Stasiun Lubuk Ambacang, sementara itu garis yang berwarna merah yang merupakan debit kalkulasi yang berasal dari pemodelan GR4J dan garis hitam yang merupakan hujan harian yang berasal dari data hujan harian Stasiun Tanjung Pati dan Stasiun Sijunjung.



Gambar 8 Hidrograf Skema 8

4. Perbandingan Hasil GR4J dengan Hasil GR3J

Sebelumnya dilokasi yang sama dengan penelitian ini sudah pernah dilakukan penelitian yaitu dengan menggunakan model GR3J oleh Khairiah (2014). Perbandingan hasil GR4J dengan hasil GR3J dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 7. Hasil Pemodelan GR4J

Skema	Nilai Nash		Koef Korelasi
	Kalibrasi	Verifikasi	
1	43.57	54.96	0.63
2	47.58	54.67	0.63
3	50.89	53.39	0.63
4	51.92	53.04	0.63
5	52.45	53.08	0.62
6	53.99	51.91	0.62
7	55.07	51.95	0.60
8	50.75	63.44	0.61
9	52.76	59.21	0.64

Sumber:

Tabel 8. Hasil Pemodelan GR3J

Skema	Nilai Nash		Koef Korelasi
	Kalibrasi	Verifikasi	
1	28,04	0,10	0,34
2	27,26	0,32	0,34
3	23,38	0,00	0,32
4	23,03	0,29	0,31
5	26,38	0,32	0,34
6	30,72	0,39	0,39
7	26,40	0,36	0,37
8	32,57	0,46	0,42
9	36,89	0,77	0,61

Sumber:

Secara umum, kedua pemodelan memiliki performa yang cukup baik. Untuk skema terbaik pada masing-masing

permodelan, nilai *Nash* yang dapat dicapai sudah memasuki nilai *range* “Memenuhi” yaitu nilai *Nash* diantara 36% hingga 75%. Untuk nilai Koefisien Korelasi juga memiliki nilai pada *range* “Kuat” yaitu nilai Koefisien Korelasi sebesar 0,60 hingga 0,79.

Pada permodelan GR3J, nilai *Nash* yang berada pada *range* “Memenuhi” hanya pada satu skema saja. Sedangkan untuk skema yang lain, nilai *Nash* yang dicapai berada pada *range* “Tidak Memenuhi”. Secara keseluruhan, permodelan GR4J memiliki performa yang lebih baik dibandingkan permodelan GR3J pada daerah Lubuk Ambacang. Terlihat dengan nilai *Nash* yang cukup stabil dan pada *range* “Memenuhi” untuk semua skema.

D. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu:

1. Nilai parameter yang didapat berdasarkan hasil program GR4J.
 $X_1 = 1185,17 \text{ mm}$
 $X_2 = -1,00 \text{ mm}$
 $X_3 = 217,12 \text{ mm}$
 $X_4 = 1,1 \text{ hari}$
2. Parameter dengan nilai parameter paling sensitif adalah parameter X_2 .
3. Skema kalibrasi dan verifikasi terbaik adalah skema 8, dengan nilai *Nash* kalibrasi 50,75% dan nilai *Nash* verifikasi 63,44% dan nilai koefisien kalibrasi 0,61.
4. Dibandingkan dengan hasil permodelan GR3J, secara keseluruhan performa permodelan GR4J masih lebih baik. Dapat dilihat dari nilai *Nash* yang berada pada *range* “Memenuhi” untuk semua skema.

E. SARAN

1. Sebaiknya lebih berhati – hati dalam proses kalibrasi terutama pada saat penentuan durasi untuk *trial and error*. Hal ini didasarkan pada adanya perbedaan nilai *Nash* optimal untuk masing – masing skema.

2. Diperlukan penelitian yang berkelanjutan dalam hal parameter model sehingga diperoleh *range* parameter model yang sesuai untuk karakteristik kondisi hidrologi di Indonesia.

F. DAFTAR PUSTAKA

- Fauzi, Manyuk.**2013. *Variasi Kapasitas Tampungan Kelembaban Tanah Untuk Peningkatan Performa Model GR3J-ANN*.Tugas Akhir Teknik Sipil Universitas Riau.
- Harlan, Dhemi.**2009. *Penentuan Debit Harian Menggunakan Pemodelan Rainfall Runoff GR4J untuk Analisa Unit Hidrograf pada DAS Citarum Hulu*. Jurnal Teknik Sipil ITB.
- Ilhamsyah, Yopi.** 2012. *Analisis Dampak ENSO Terhadap Debit Alirnn DAS Cisangkuy Jaw Barat Menggunakan Model Rainfall Runoff*.Jurnal Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Syiah Kuala, Banda aceh.
- Kheira, Medane.** 2012.*Hydrologie et Modelisation Plue-Debit Cas Bassin Versant De L'oued Boumessaoud*.Faculte Sciences De La Nature Et De La Vie Et Des Sciences De La Terre Et De L'univers.
- Michel, M. Claude.** 2005. *Quantification des incertitudes des debit calculus par un modele pluie-debit empirique*.
- Sugiyono,** 2003:216, *Kriteria Koefisien korelasi*,[online],(<http://irwan.ndaru.staff.gunadarma.ac.id/Downloads/files/16914/BAB+III+metodologi+Penelitian.doc>), diakses tanggal 9 januari2015.
- Wibowo, Ryan Ardhi.** 2013. *Analisa Hujan Aliran Menggunakan Model Ihacres (Studi Kasus Das Indragiri)*. Tugas Akhir Teknik Sipil Universitas Riau.